

10/527 232<sup>#2</sup>  
PCT/JP03/11452

Rec'd PCT/PTO 09 MAR 2005  
07.10.03

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

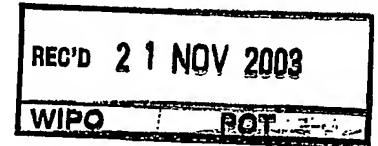
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2002年12月26日

出 願 番 号  
Application Number: 特願2002-378018  
[ST. 10/C]: [JP2002-378018]

出 願 人  
Applicant(s): トヨタ自動車株式会社  
株式会社豊田中央研究所

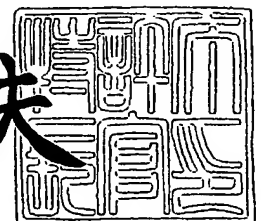


PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年11月 7日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 1024802

【提出日】 平成14年12月26日

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 F02D 41/04  
F02D 45/00

【発明の名称】 内燃機関の制御装置

【請求項の数】 5

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

    【氏名】 青山 太郎

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

    【氏名】 佐々木 静夫

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株  
    式会社豊田中央研究所内

    【氏名】 稲垣 和久

【特許出願人】

    【識別番号】 000003207

    【氏名又は名称】 トヨタ自動車株式会社

【特許出願人】

    【識別番号】 000003609

    【氏名又は名称】 株式会社豊田中央研究所

【代理人】

    【識別番号】 100077517

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 石田 敬

    【電話番号】 03-5470-1900

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100092624

【弁理士】

【氏名又は名称】 鶴田 準一

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100102819

【弁理士】

【氏名又は名称】 島田 哲郎

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100082898

【弁理士】

【氏名又は名称】 西山 雅也

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 036135

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0211566

【包括委任状番号】 9300349

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 内燃機関の制御装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 機関燃焼室に燃料を噴射する燃料噴射弁を備えた内燃機関の制御装置であって、

機関排気の一部をEGRガスとして機関燃焼室に還流させるEGR装置と、

機関燃焼室内の圧力を検出する筒内圧センサとを備え、

前記筒内圧センサで検出した燃焼室内圧力 $P$ と、クランク角 $\theta$ から定まる燃焼室容積 $V$ との積 $PV$ の値を算出するとともに、前記燃料噴射弁からの燃料噴射開始後、前記 $PV$ の値が最大値 $PV_{max}$ をとるまでの時間 $\Delta T$ が予め定めた目標値になるように前記EGRガスを制御する、内燃機関の制御装置。

【請求項2】 更に、燃焼室内で燃焼が生じなかったと仮定した場合のピストンの圧縮のみにより生じる燃焼室内圧力とクランク角から定まる燃焼室容積との積 $PV_{base}$ を算出し、前記 $PV$ が最大値 $PV_{max}$ となるクランク角 $\theta_{max}$ における $PV_{base}$ の値を用いて、 $PV_{max}$ と $PV_{base}$ との差 $\Delta PV_{max}$ を算出するとともに、 $\Delta PV_{max}$ と前記 $\theta_{max}$ との値がそれぞれ予め定めた目標値になるように前記燃料噴射弁からの燃料噴射量と燃料噴射時期とを制御する、請求項1に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項3】 前記目標値は、機関回転数とアクセル開度とに応じて定められる、請求項1または請求項2に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項4】 前記内燃機関は、圧縮着火機関である請求項1から請求項3に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項5】 更に前記機関を、圧縮行程後期に燃料噴射を行い空気過剰率の大きい燃焼を行う通常燃焼モードと、通常燃焼モードより燃料噴射時期を進角し、かつEGRガスを増大した低温燃焼モードとを切り換えて運転するとともに、前記 $\Delta T$ の値に基づくEGRガス量制御を機関の前記低温燃焼モード運転時に行う、請求項4に記載の内燃機関の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

**【発明の属する技術分野】**

本発明は、内燃機関の制御装置に関し、詳細には機関に排気ガスの一部を EGR ガスとして還流させる EGR 装置を備えた内燃機関の制御装置に関する。

**【0002】****【従来の技術】**

機関の燃焼温度を低下させて  $\text{NO}_x$  等の有害排出物を低減するために、機関排気ガスの一部を機関燃焼室に EGR ガスとして還流させる技術が知られている。また、通常リーン空燃比運転を行うディーゼル機関においても比較的多量の EGR ガスを燃焼室に供給することにより、排気ガス中の有害排出物を低減することが可能であることが知られている。

**【0003】**

ところが、EGR ガスは燃焼に与える影響が大きく、特にディーゼル機関では燃料噴射開始後、噴射された燃料が燃焼を開始するまでの着火遅れ時間に大きな影響を与える。このため、過剰に EGR ガスを燃焼室に供給すると機関の燃焼状態が悪化して機関性能の低下や排気ガス性状の悪化を生じる。

一方、EGR ガス量が少ないと有害排出物抑制効果が低下する。このため、EGR ガス量は機関の運転状態に応じて適切な量に制御する必要がある。

**【0004】**

ところが、従来 EGR ガス量の精密な制御は行われておらず、特にディーゼル機関では、EGR ガス流量を制御する EGR 弁の開度は、機関回転数とアクセル開度（アクセルペダルの踏み込み量）とから定まる値にオープンループ制御するのが通常であった。

しかし、近年排気ガス規制の強化や騒音低減に対する要求から、EGR ガス流量についても最適な値に精密に制御する必要が生じている。このように精密な EGR 制御を行う場合には、従来のように機関回転数とアクセル開度とに基づくオープンループ制御では十分な精度を得ることはできない。また、例えばガソリンエンジンでは、機関排気通路に空燃比センサを配置し、空燃比センサで検出した排気空燃比にもとづいて EGR ガス量を制御することも可能であるが、ディーゼル機関等のように排気空燃比が極めてリーンになる状態で運転される場合がある

機関では空燃比センサでの検出精度が低くなるため、空燃比センサで検出した排気空燃比に基づいてEGRガス量を制御すると誤差が大きくなる問題がある。

これに対して、機関の燃焼室内圧力を検出し、検出した燃焼圧に基づいて機関の燃焼状態を表す特性値を算出し、この特性値を用いて燃焼状態が最適になるようにEGRガス流量をフィードバック制御する制御装置が提案されている。

#### 【0005】

このような内燃機関の制御装置の例としては、特許文献1に記載されたものがある。

特許文献1の装置は、ディーゼル機関に関するものではなく、ガソリンエンジンに関するものであるが、機関の燃焼状態を表す燃焼パラメータとして燃焼室内の熱発生率を用い、熱発生率が所定のパターンになるようにEGRガス流量と燃料噴射時期、燃料噴射量、点火時期などを制御するものである。

#### 【0006】

すなわち、特許文献1の装置は、機関燃焼室内圧力を検出する筒内圧力センサを気筒に配置し、検出した実際の燃焼室内圧力（燃焼圧）とクランク角とに基づいて各クランク角における熱発生率を算出し、熱発生率のクランク角に対する変化パターンが運転条件に応じて予め定めた理想的な変化パターンに一致するように、EGRガス量、点火時期、燃料噴射時期などをフィードバック制御することにより、最適な燃焼を得るようにしたものである。

#### 【0007】

##### 【特許文献1】

特開2000-54889号公報

##### 【特許文献2】

特開平11-148410号公報

##### 【特許文献3】

特開平3-323316号公報

#### 【0008】

##### 【発明が解決しようとする課題】

上記特許文献1の装置では、燃焼に係するパラメータとして熱発生率に着目

し、実際の運転状態における熱発生率パターンを算出して、算出した熱発生率パターンが予め定めた理想的な変化パターンに一致するように点火時期、燃料噴射量などをフィードバック制御している。特許文献1の装置はガソリン機関に関するものであるが、例えばディーゼル機関においても同様に筒内圧センサを設けることにより、筒内圧センサの出力に基づいて熱発生率のパターンを算出し、算出した熱発生率パターンが所定の熱発生率パターンになるように燃料噴射時期、燃料噴射量をフィードバック制御することも考えられる。

#### 【0009】

ところが、特許文献1の装置では機関の燃焼状態を表すパラメータとして、燃焼室における熱発生率のみを使用して燃焼状態のフィードバック制御を行っている。特許文献1の装置では、ガソリン機関が使用されており、ガソリン機関では通常ポート噴射による予混合気の形成が行われ、点火、燃焼などの燃焼パターンも大きくは変化しない。このため、燃焼状態を表すパラメータとして熱発生率のみを用いても大きな誤差は生じない。

#### 【0010】

しかし、ディーゼル機関では、例えば、EGRガス量や、燃料噴射時期などにより燃焼パターンが大きく変化する場合があり、熱発生率のみでEGRガス量や燃料噴射等のフィードバック制御を行うことは必ずしも適切ではない。

#### 【0011】

また、特許文献1の装置のように熱発生率のパターンに基づいて制御を行うためには、例えば、

$$dQ/d\theta = (\kappa \cdot P \cdot (dV/d\theta) + V(dP/d\theta)) / (\kappa - 1)$$

(Pは実際に検出した燃焼室内圧力、Vはクランク角から定まる実筒内容積、 $\kappa$ は比熱比)、の形で熱発生率 $dQ/d\theta$ を $\theta$ の関数として表し、各クランク角毎に上記のような複雑な計算を行うことが必要となる。このため、制御回路の計算負荷が増大してしまう問題が生じる。

#### 【0012】

また、一般にクランク角の検出はあまり精度が高くないため、上記の熱発生率の計算式のように、クランク角を多用する場合には誤差が生じやすくなる問題が

ある。このため、上記の計算式を用いて算出した熱発生率に基づいてEGRガス量、燃料噴射量、時期などを制御すると制御誤差により、燃焼状態が悪化する場合も生じる。

#### 【0013】

本発明は上記問題に鑑み、内燃機関のEGR流量や燃料噴射量、燃料噴射時期などを機関の燃焼状態に応じてフィードバック制御することにより機関の性能と排気性状とを改善する場合に、機関の熱発生率の計算を必要とすることなく、制御回路の計算負荷の増大を抑制しつつ、しかも正確に制御を行うことができる内燃機関の制御装置を提供することを目的としている。

#### 【0014】

##### 【課題を解決するための手段】

請求項1に記載の発明によれば、機関燃焼室に燃料を噴射する燃料噴射弁を備えた内燃機関の制御装置であって、機関排気の一部をEGRガスとして機関燃焼室に還流させるEGR装置と、機関燃焼室内の圧力を検出する筒内圧センサとを備え、前記筒内圧センサで検出した燃焼室内圧力 $P$ と、クランク角 $\theta$ から定まる燃焼室容積 $V$ との積 $PV$ の値を算出するとともに、前記燃料噴射弁からの燃料噴射開始後、前記 $PV$ の値が最大値 $PV_{max}$ をとるまでの時間 $\Delta T$ が予め定めた目標値になるように前記EGRガス量を制御する、内燃機関の制御装置が提供される。

#### 【0015】

すなわち、請求項1の発明では、燃料噴射開始から、筒内圧センサで検出した燃焼室内圧力 $P$ と、クランク角 $\theta$ から定まる燃焼室容積 $V$ との積 $PV$ の値が最大値 $PV_{max}$ をとるまでの時間 $\Delta T$ に基づいてEGRガス量をフィードバック制御する。

#### 【0016】

燃焼圧（筒内圧）から算出される、燃焼状態と関連するパラメータ（以下、「燃焼圧特性値」と呼ぶ）には種々のものがあるが、燃焼室内圧力 $P$ とシリンダ容積との積 $PV$ の最大値 $PV_{max}$ が生じるタイミングは、気筒の燃焼行程において燃焼が終了した時期に対応している。このため、燃料噴射開始から $PV_{max}$



が生じるまでの時間 $\Delta T$ は機関の噴射された燃焼が燃焼を開始するまでの着火遅れ時間と燃焼時間との和に対応する。

【0017】

一方、着火遅れ時間と燃焼時間（以下、「燃焼完了時間」という）は機関のEGR率（気筒に吸入されるガス量中に占めるEGRガスの割合）に密接な対応を示すことが知られている。

本発明は上記に着目し、燃焼圧特性値として燃焼完了時間 $\Delta T$ を算出し、この $\Delta T$ が予め求めておいた最適値に一致するようにEGRガス量（EGR率）をフィードバック制御するようにしている。これにより、制御回路の演算負荷を増大することなく、しかも正確にEGRガス量が最適な値に制御される。

【0018】

なお、燃焼完了時間 $\Delta T$ は時間（ミリ秒）で表しても良いし、クランク回転角（CA）で表しても良い。

【0019】

請求項2に記載の発明によれば、更に、燃焼室内で燃焼が生じなかったと仮定した場合のピストンの圧縮のみにより生じる燃焼室内圧力とクランク角から定まる燃焼室容積との積 $PV_{base}$ を算出し、前記 $PV$ が最大値 $PV_{max}$ となるクランク角 $\theta_{max}$ における $PV_{base}$ の値を用いて、 $PV_{max}$ と $PV_{base}$ との差 $\Delta PV_{max}$ を算出するとともに、 $\Delta PV_{max}$ と前記 $\theta_{max}$ との値がそれぞれ予め定めた目標値になるように前記燃料噴射弁からの燃料噴射量と燃料噴射時期とを制御する、請求項1に記載の内燃機関の制御装置が提供される。

【0020】

すなわち、請求項2の発明では、 $\Delta T$ に基づくEGR制御に加えて $\Delta PV_{max}$ と $\theta_{max}$ との値に基づいて燃料噴射量と燃料噴射時期とがフィードバック制御される。

燃焼室内圧力 $P$ と燃焼室容積 $V$ との積 $PV$ は燃焼により生じるエネルギーとピストン圧縮によるエネルギーとの和に対応する値となり、従ってその最大値 $PV_{max}$ からピストン圧縮のみによる $PV$ 値（ $PV_{base}$ ）を引いた値である $\Delta$

$PV_{max}$  は燃焼室に供給された燃料の量、すなわち燃料噴射量に対応した値となる。

#### 【0021】

また、 $\theta_{max}$  は燃焼室内の燃焼が終了した時点に対応した値であるので、他の条件（例えば EGR など）が一定であれば燃料噴射時期に応じて変化する。

このため、例えば  $\Delta PV_{max}$  が予め定めた目標値になるように燃料噴射量を、また、 $\theta_{max}$  が予め定めた目標値になるように燃料噴射時期を、それぞれフィードバック制御することにより、EGR ガス量に加えて、制御回路の演算負荷を増大させることなく、燃料噴射量、燃料噴射時期をも正確に制御することが可能となる。

#### 【0022】

請求項 3 に記載の発明によれば、前記目標値は、機関回転数とアクセル開度とに応じて定められる、請求項 1 または請求項 2 に記載の内燃機関の制御装置が提供される。

#### 【0023】

すなわち、請求項 3 の発明では前述の  $\Delta T$ 、 $\Delta PV_{max}$ 、 $\theta_{max}$  等の燃焼圧特性値の目標値は、アクセル開度（アクセルペダルの操作量、すなわち運転者によるアクセルペダルの踏み込み量を「アクセル開度」と称する）と機関回転数とに応じて定められる。

#### 【0024】

一般に、アクセル開度と機関回転数とは機関の運転状態を表す値として使用される。各燃焼圧特性値の目標値をアクセル開度と機関回転数とに応じて設定することにより、機関の運転状態毎に最適な燃焼状態を与える EGR ガス量、燃料噴射量、燃料噴射時期を簡易に設定することができる。

#### 【0025】

請求項 4 に記載の発明によれば、前記内燃機関は、圧縮着火機関である請求項 1 から請求項 3 に記載の内燃機関の制御装置が提供される。

#### 【0026】

すなわち、請求項 4 では内燃機関として圧縮着火機関が使用される。請求項 1

から3のいずれかの制御を圧縮着火機関に適用することにより、圧縮着火機関におけるEGRガス量の制御を正確に行うことが可能となる。

#### 【0027】

請求項5に記載の発明によれば、更に前記機関を、圧縮行程後期に燃料噴射を行い空気過剰率の大きい燃焼を行う通常燃焼モードと、通常燃焼モードより燃料噴射時期を進角し、かつEGRガス量を増大した低温燃焼モードとを切り換えて運転するとともに、前記 $\Delta T$ の値に基づくEGRガス量制御を機関の前記低温燃焼モード運転時に行う、請求項4に記載の内燃機関の制御装置。

#### 【0028】

すなわち、請求項5の発明では、通常燃焼モードと低温燃焼モードとを切り換えて運転する機関が使用され、低温燃焼モード運転時に燃焼圧特性値 $\Delta T$ を用いたEGRガス量制御がおこなわれる。

低温燃焼モードは、燃料噴射時期を大幅に進角して気筒内に予混合気を形成するとともに、EGRガス量を大幅に増大して空燃比の低い燃焼を行うことにより、排気中の煤と $\text{NO}_x$ との両方を大幅に低下させる燃焼モードである。

#### 【0029】

しかし、低温燃焼モードでは大量のEGRガスが燃焼室に供給されるため、EGRガス量（EGR率）のわずかな変化でも燃焼状態が急激に悪化するような場合があり、EGRガス量の変化に対する燃焼状態変化の感度が高くなる。

前述のように、燃焼圧特性値 $\Delta T$ を用いたEGRガス量のフィードバック制御を行うことにより極めて正確にEGRガス量を最適値に制御することができる。このため、 $\Delta T$ を用いたEGRガス量制御を行うことにより、EGRガス量の変化に対する感度が高い低温燃焼モードにおいても容易に適切な燃焼状態を達成することが可能となる。

#### 【0030】

##### 【発明の実施の形態】

以下、添付図面を用いて本発明の実施形態について説明する。

図1は、本発明の燃料噴射装置を自動車用ディーゼル機関に適用した場合の実施形態の概略構成を示す図である。

## 【0031】

図1において、1は内燃機関（本実施形態では#1から#4の4つの気筒を備えた4気筒4サイクルディーゼル機関が使用される）、10aから10dは機関1の#1から#4の各気筒燃焼室に直接燃料を噴射する燃料噴射弁を示している。燃料噴射弁10aから10dは、それぞれ燃料通路（高圧燃料配管）を介して共通の蓄圧室（コモンレール）3に接続されている。コモンレール3は、高圧燃料噴射ポンプ5から供給される加圧燃料を貯留し、貯留した高圧燃料を高圧燃料配管を介して各燃料噴射弁10aから10dに分配する機能を有する。

## 【0032】

本実施形態では、機関の排気ガスの一部を機関の各気筒燃焼室に還流させるEGR装置が設けられている。EGR装置は、機関の排気通路と機関の吸気通路または各気筒の吸気ポートとを接続するEGR通路33と、このEGR通路に配置され、排気通路から吸気通路へ還流する排気ガス（EGRガス）流量を制御する流量制御弁としての機能を有するEGR弁35とを備えている。EGR弁35は、ステッパモータ等の適宜な形式のアクチュエータ35aを備えており、後述するECU20からの制御信号に応じてEGR弁開度が制御される。

## 【0033】

図1に20で示すのは、機関の制御を行う電子制御ユニット（ECU）である。ECU20は、リードオンリメモリ（ROM）、ランダムアクセスメモリ（RAM）、マイクロプロセッサ（CPU）、入出力ポートを双方向バスで接続した公知のマイクロコンピュータとして構成されている。ECU20は、本実施形態では、燃料ポンプ5の吐出量を制御してコモンレール3圧力を機関運転条件に応じて定まる目標値に制御する燃料圧制御を行っている他、機関運転状態に応じて燃料噴射の噴射時期及び噴射量を制御するとともに、後述する筒内圧センサ出力に基づいて求めた燃焼圧特性値を用いてEGR流量、燃料噴射量、噴射時期等の燃料噴射パラメータをフィードバック制御する燃料噴射制御等の機関の基本制御を行う。

## 【0034】

これらの制御を行なうために、本実施形態ではコモンレール3にはコモンレール

ル内燃料圧力を検出する燃料圧センサ 27 が設けられている他、機関 1 のアクセルペダル（図示せず）近傍にはアクセル開度（運転者のアクセルペダル踏み込み量）を検出するアクセル開度センサ 21 が設けられている。

#### 【0035】

図 1 に 23 で示すのは機関 1 のカム軸の回転位相を検出するカム角センサ、25 で示すのはクランク軸の回転位相を検出するクランク角センサである。カム角センサ 23 は、機関 1 のカム軸近傍に配置され、クランク回転角度に換算して 720 度毎に基準パルスを出力する。また、クランク角センサ 25 は、機関 1 のクランク軸近傍に配置され所定クランク回転角毎（例えば 15 度毎）にクランク角パルスを発生する。

#### 【0036】

カム角センサ 23 とクランク角センサ 25 とのパルス信号は ECU 20 に供給され、クランク軸回転位相角と機関回転数との算出に使用される。

#### 【0037】

また、図 1 に 29 a から 29 d で示すのは、各気筒 10 a から 10 d に配置され、気筒燃焼室内の圧力を検出する公知の形式の筒内圧センサである。筒内圧センサ 29 a から 29 d で検出された各燃焼室内圧力は、AD コンバータ 30 を経て ECU 20 に供給される。

#### 【0038】

ECU 20 は、筒内圧センサ 29 a から 29 d で検出した気筒燃焼室内圧力に基づいて後述する燃焼圧特性値を算出し、この燃焼圧特性値に基づいて EGR ガス量、燃料噴射量、燃料噴射時期等をフィードバック制御する。

以下、本実施形態における燃焼圧特性値に基づく EGR ガス量や燃料噴射量と燃料噴射時期のフィードバック制御詳細について説明する。

#### 【0039】

本実施形態では、筒内圧センサ 29 a から 29 d で検出した燃焼室内圧力に基づいて算出する燃焼圧特性値として、 $P_{Vmax}$ 、 $\theta_{max}$ 、 $\Delta P_{Vmax}$  及び  $\Delta T$  を用いて EGR ガス量、燃料噴射量、燃料噴射時期のフィードバック制御を行う。

図2は、本実施形態で使用する燃焼圧特性値、 $P V_{max}$ 、 $\theta_{max}$ 、 $\Delta P V_{max}$ 及び $\Delta T$ を示している。

#### 【0040】

図2横軸は、気筒の圧縮行程から膨張行程にかけてのクランク角(CA)を、縦軸は後述するPV値を、それぞれ示している。横軸にTDCで示すのは圧縮上死点である。

本実施形態におけるPV値は、筒内圧センサ29aから29dで検出した各クランク角における燃焼室内圧力と、そのクランク角における燃焼室容積(クランク角の関数として与えられる)Vとの積( $P V = P \times V$ )として定義される。

#### 【0041】

図2の実線は、実際の燃焼時におけるPV値の変化を示している。図2に示すように、PV値は燃焼開始とともに急激に増大し、最大値 $P V_{max}$ に到達した後急激に低下する。

PV値は圧力と体積との積であるため、気体の状態方程式 $P V = M R T$ の関係(M:気体のモル数、R:一般ガス定数( $J / mol \cdot K$ )、T:温度( $^{\circ} K$ ))より、筒内温度に相当する値となる。また、実験からPVが最大値 $P V_{max}$ となるタイミング(図2、 $\theta_{max}$ )は筒内で噴射された燃料の燃焼が終了した時点(厳密には90パーセントの燃料が燃焼した時点)に対応することが確認されている。このため、 $\theta_{max}$ は筒内での燃焼終了時を表す指標として用いることができる。

#### 【0042】

図2に置いて、 $\theta_{inj}$ は燃料噴射弁(10aから10d、以下参照符号10で総称する)からの燃料噴射開始時期を示す。また、図2に $\Delta T$ で示すのは、燃料噴射開始( $\theta_{inj}$ )から燃焼終了時( $\theta_{max}$ )までの時間(クランク角)で定義される燃焼完了時間である。燃料噴射弁10から噴射された燃料はある着火遅れ時間経過後に燃焼を開始し、種々の条件によって定まる燃焼時間経過後に燃焼が終了する。このため、燃焼完了時間 $\Delta T (= \theta_{max} - \theta_{inj})$ は、燃料の着火遅れ時間と燃焼時間との合計に対応している。

#### 【0043】

また、図2において点線で示すのは、気筒内で燃焼が生じなかった場合のPV値の変化(PVbase)を表す。PVbaseは、ピストンの上下動のみによる筒内の気体の圧縮と膨張とを表すため、上死点に対して対称な曲線となる。

本実施形態では、前述のPV値の最大値PVmaxと、 $\theta_{max}$ におけるPVbase値との差を $\Delta PV_{max}$ として定義している。

$\theta_{max}$ におけるPVbaseの値は、吸気行程終了時における筒内圧と $\theta_{max}$ における筒内容積とから容易に算出することができる。しかし、前述したように、PVbase曲線は圧縮上死点に対して対称になる。このため、本実施形態では、 $\theta_{max}$ 検出後、上死点に対して対称となる圧縮行程の点(図2に $\theta_{max}'$ で示す)におけるPVbaseの値を使用して $\Delta PV_{max}$ を算出するが、実際には燃焼が生じる前の圧縮行程ではPV値とPVbase値とは同一となる。このため、本実施形態では実際には $\theta_{max}'$ におけるPV値を $\theta_{max}$ におけるPVbase値として使用することにより、簡易に $\Delta PV_{max}$ の値を算出している。

#### 【0044】

次に、燃焼圧特性値 $\Delta T$ 、PVmax、 $\theta_{max}$ 及び $\Delta PV_{max}$ の有する意味について説明する。

前述したように、燃料噴射開始から $\theta_{max}$ までの期間である燃焼完了時間 $\Delta T$ は、噴射された燃料の着火遅れ時間と燃焼時間との合計に対応している。一方、着火遅れ時間と燃焼時間とは、ともにEGR率(筒内に吸入されるガスに占めるEGRガス量の割合)の影響を大きく受け、EGR率が大きくなるにつれて $\Delta T$ も増大する。このため、燃焼完了時間 $\Delta T$ は筒内EGR率と密接な相関を有しており、EGR率を表す指標として使用することができる。

#### 【0045】

また、PVmaxが生じる時期 $\theta_{max}$ は燃焼の終了時期に相関があり、筒内の燃焼状態に大きく関係する。また、他の条件が同一であれば燃焼の終了時期は燃料噴射時期に応じて変化する。

更に、 $\Delta PV_{max}$ の値は、燃焼時と燃焼が生じなかった時のPV値の差(温度差)であるため、燃焼室内で燃焼した燃料の量、すなわち燃料噴射量と相関が

ある。

#### 【0046】

本実施形態では、上記に着目し、 $\Delta T$ 、 $\theta_{max}$ 、 $\Delta P V_{max}$ を用いて、EGRガス量、燃料噴射時期、燃料噴射量を最適値にフィードバック制御する。

すなわち、本実施形態では予め機関の運転状態（アクセル開度と回転数との組み合わせ）を変えて機関を運転し、燃費、排気ガス性状等の点で最適な燃焼状態を得られる燃料噴射量、燃料噴射時期、EGR率（EGR弁開度）を探し、これらの値をそれぞれの運転状態における燃料噴射量、燃料噴射時期、EGR弁開度の基準値として、アクセル開度と回転数とを用いた2次元数値マップの形（以下、便宜的に「基準噴射条件マップ」と呼ぶ）でECU20のROMに格納してある。

#### 【0047】

また、本実施形態では上記各運転状態において最適な燃焼状態が得られた時の燃焼圧特性値 $\Delta T$ 、 $\theta_{max}$ 及び $\Delta P V_{max}$ の値を算出し、アクセル開度と回転数とを用いた2次元数値マップ（以下、便宜的に「目標特性値マップ」と呼ぶ）の形でECU20のROMに格納してある。

実際の運転では、ECU20はまず機関回転数とアクセル開度とから上記基準噴射条件マップを用いて燃料噴射量、燃料噴射時期、EGR弁開度を求め、燃料噴射量、燃料噴射時期、EGR弁開度を基準噴射条件マップ値に制御する。

#### 【0048】

そして、この状態で筒内圧センサ29aから29dの圧力に基づいて、各気筒の $\Delta T$ 、 $\theta_{max}$ 、 $\Delta P V_{max}$ の燃焼圧特性値を算出する。そして、現在のアクセル開度と回転数とを用いて前述の目標特性値マップから、最適燃焼状態における燃焼圧特性値の目標値 $\Delta T$ 、 $\theta_{max}$ 、 $\Delta P V_{max}$ を求め、実際の燃焼圧特性値がこれらの目標値に一致するように、基準噴射条件マップから定まる燃料噴射量、燃料噴射時期、EGR弁開度等を調整する。

#### 【0049】

具体的には、ECU20はEGR弁35の開度を調節して実際の燃焼圧特性値 $\Delta T$ が目標値になるようにフィードバック制御するとともに、 $\theta_{max}$ と $\Delta P V$



maxとがそれぞれの目標値に一致するように燃料噴射時期と燃料噴射量とをフィードバック制御する。

これにより、実際の燃焼状態が最適な状態になるように、EGR及び燃料噴射が制御される。

#### 【0050】

図3、図4は、上記燃焼圧特性に基づく制御操作（燃焼圧特性値制御操作）を具体的に説明するフローチャートである。図3、図4の操作はそれぞれ、ECU20により一定時間毎に実行されるルーチンとして行われる。

図3は、燃料噴射とEGRとの基本制御操作を示している。図3の操作ではECU20は燃料噴射量、燃料噴射時期、及びEGR弁35開度を、それぞれ機関回転数NEとアクセル開度ACCPとから定まる基準値と、図4の操作から燃焼圧特性値に基づいて定まる補正量との和として設定する。

#### 【0051】

図3において、ステップ301ではアクセル開度ACCPと機関回転数NEとが読み込まれ、ステップ303では予めECU20のROMにそれぞれACCPとNEとを用いた2次元数値マップの形で格納された前述の基準噴射条件マップから、ステップ301で読み込んだACCPとNEとの値を用いて、基準燃料噴射量FI<sub>0</sub>、基準燃料噴射時期θI<sub>0</sub>、基準EGR弁開度EGV<sub>0</sub>が読み出される。

#### 【0052】

基準燃料噴射量、基準燃料噴射時期、基準EGR弁開度は、予め実際に機関を運転して求めた、最適な燃焼状態が得られる燃料噴射量、燃料噴射時期、EGR弁開度である。

上記基準値は、実験時の環境において最適な燃焼状態を得ることができる燃料噴射量、時期、EGR弁開度であるが、実際の運転においては燃料の相違や、機関運転環境（気温、大気圧等）の相違、機器類のばらつきや特性変化等があるため、上記基準値を用いて運転しても最適な燃焼状態を得ることができるとは限らない。

#### 【0053】

そこで、本実施形態では、上記により求めた基準値  $F I_0$ 、 $\theta I_0$ 、 $E G V_0$  に補正量  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  を加えて補正した値を実際の燃料噴射量、燃料噴射時期、 $E G R$  弁開度として設定する。すなわち、ステップ 305 では、実際の燃料噴射量  $F I$ 、燃料噴射時期  $\theta I$ 、 $E G R$  弁開度  $E G V$  が、 $F I = F I_0 + \alpha$ 、 $\theta I = \theta I_0 + \beta$ 、 $E G V = E G V_0 + \gamma$  として設定され、ステップ 307 では、ステップ 305 で設定された値で燃料噴射及び  $E G R$  弁開度制御が行われる。

#### 【0054】

ここで、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  は図 4 の操作により燃焼圧特性値に基づいて設定されるフィードバック補正量である。

図 4 の操作について説明すると、まずステップ 401 ではアクセル開度  $A C C P$  と機関回転数  $N E$  とが読み込まれる。そして、ステップ 403 では、予め  $E C U 20$  の  $R O M$  に格納された、 $A C C P$  と  $N E$  とを用いた 2 次元マップから  $\theta m a x$ 、 $\Delta P V m a x$ 、 $\Delta T$  の目標値  $\theta m a x_0$ 、 $\Delta P V m a x_0$ 、 $\Delta T_0$  が読み出される。目標値  $\theta m a x_0$ 、 $\Delta P V m a x_0$ 、 $\Delta T_0$  は、それぞれのアクセル開度、回転数において最適な燃焼が得られたときの  $\theta m a x$ 、 $\Delta P V m a x$ 、 $\Delta T$  の値である。

#### 【0055】

そして、ステップ 405 では、筒内圧センサ 29a ~ 29d の出力に基づいて各気筒の  $\theta m a x$ 、 $\Delta P V m a x$ 、 $\Delta T$  の燃焼圧特性値が算出される。

そして、ステップ 407 から 411 ではステップ 405 で算出した実際の燃焼圧特性値の値がステップ 403 でマップから求めた目標値に一致するように補正量  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  がフィードバック制御される。

#### 【0056】

すなわち、ステップ 407 ではまず、実際の  $\Delta P V m a x$  の値が目標値  $\Delta P V m a x_0$  に一致するように燃料噴射量の補正量  $\alpha$  がフィードバック制御され、ステップ 409 では実際の  $\theta m a x$  の値が目標値  $\theta m a x_0$  に一致するように燃料噴射時期の補正量  $\beta$  がフィードバック制御され、そして、ステップ 411 では実際の  $\Delta T$  の値が目標値  $\Delta T_0$  に一致するように  $E G R$  弁開度の補正量  $\gamma$  がフィードバック制御される。ステップ 407 から 411 におけるフィードバック制御は

、例えば、それぞれの目標値からの実際の値の偏差に基づくPID制御とされる。

#### 【0057】

上記のように、図3と図4との操作を繰り返すことにより、実際の燃料噴射量、燃料噴射時期及びEGR弁開度（EGR率）は、燃焼圧特性値が目標値に一致するように制御される。

このように、実際の運転における燃焼圧特性値が目標値に一致するように燃料噴射量、燃料噴射時期、EGR率をフィードバック制御することにより、例えば、機関の運転環境の相違や機器の特性変化やばらつき、燃料の相違などを個別に考慮することなく、容易に最適な燃焼状態を得ることができる。

#### 【0058】

なお、図3、図4の操作では燃料噴射量、時期等をまず基準値に制御して、この基準値に対する補正量を燃焼圧特性値を用いてフィードバック制御することにより、燃料噴射量等が最適な燃焼状態を与える値に短時間で収束するようにしている。しかし、燃料噴射量などの基準値を予め設定することなく燃料噴射量、時期、EGR率そのものを燃焼圧特性値を用いてフィードバック制御するようにすることも可能である。

#### 【0059】

次に本発明の別の実施形態について説明する。

本実施形態では、機関1は通常のディーゼル燃焼モード、すなわち圧縮行程終期に燃料噴射を行い、空燃比の高い拡散燃焼を行う燃焼モードと、低温燃焼モード、すなわち、燃料噴射時期を大幅に進角して気筒内に予混合気を形成するとともに、EGRガス量を大幅に増大して空燃比の低い燃焼を行う燃焼モードとの2つの燃焼モードを切り換えて運転する。低温燃焼では、空燃比が比較的低い燃焼でありながら大量のEGRガスを燃焼室に供給することによりNO<sub>x</sub>などの有害物質の生成を大幅に抑制し、更にディーゼル機関でありながら予混合燃焼を行うことにより、煤の発生量を大幅に低減することができる。

#### 【0060】

ところが、低温燃焼モードでの運転では燃焼状態の変化はEGR率の変化に対

する感度が極めて大きく、EGR率が少し変化しただけで燃焼状態が大幅に悪化するようなケースも生じる。

そこで、本実施形態では、機関が低温燃焼モードで運転されているときに、EGR率（EGR弁開度）を燃焼圧特性値に基づいてフィードバック制御するようにしている。

#### 【0061】

図5は、本実施形態の燃焼圧特性値に基づくEGR率制御操作を説明するフローチャートである。本操作は、ECU20により一定時間毎に実行されるルーチンとして行われる。

図5の操作では、まずステップ501で現在機関が低温燃焼モードで運転されているか否かが判定され、低温燃焼モードで運転されていないときにはステップ503以下を実行することなく直ちに本操作を終了する。この場合には、例えばEGR率は従来と同様なアクセル開度と機関回転数とに基づくオープンループ制御により制御される。

#### 【0062】

ステップ501で現在低温燃焼モードで機関が運転されている場合には、次にステップ503に進み、現在のアクセル開度ACCPと機関回転数NEとをそれぞれ対応するセンサーから読み込んで、ステップ505では予めECU20のROMにACCPとNEとの2次元数値マップの形で格納した燃焼完了時間 $\Delta T$ の目標値マップから、現在のACCPとNEとにおける $\Delta T$ の目標値 $\Delta T_0$ を読み出す。

#### 【0063】

ここで、 $\Delta T_0$ は、低温燃焼モードにおいて最適な燃焼状態が得られるEGR率でEGRガスを供給した場合の燃焼完了時間である。

次いで、ステップ507では、筒内圧センサ29a～29dの出力に基づいて現在の実際の燃焼完了時間 $\Delta T$ が算出される。そして、ステップ509では、実際の燃焼完了時間 $\Delta T$ が目標値 $\Delta T_0$ に一致するようにEGR弁開度がフィードバック制御される。このフィードバック制御は、図4の場合と同様、例えば目標値 $\Delta T_0$ と実際値 $\Delta T$ との偏差に基づくPID制御とされる。

## 【0064】

なお、本実施形態では燃料噴射量と燃料噴射時期とは、別途ECU20により実行されるルーチンにより、予め低温燃焼モードでの運転に最適な値に設定されている。

図5のように、特にEGR率の変化に敏感な低温燃焼モードでの運転時に、燃焼圧特性値 $\Delta T$ に基づいて機関のEGR率を制御することにより、低温燃焼時にも安定した最適な燃焼状態を得ることができる。

## 【0065】

## 【発明の効果】

各請求項に記載の発明によれば、機関の制御回路の演算負荷の増大を抑制しながら、しかも機関の燃焼状態を最適値に正確に制御することが可能となる共通の効果を奏する。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図1】

本発明を自動車用ディーゼル機関に適用した実施形態の概略構成を示す図である。

## 【図2】

本実施形態で使用する燃焼圧特性値の定義を説明する図である。

## 【図3】

本実施形態における、燃料噴射等の基本制御を説明するフローチャートである。

## 【図4】

本実施形態における、燃焼圧特性値を用いた燃料噴射等の制御操作を説明するフローチャートである。

## 【図5】

燃焼圧特性値を用いたEGR率制御の別の実施形態を説明するフローチャートである。

## 【符号の説明】

1…ディーゼル機関

10 a ~ 10 d ... 筒内燃料噴射弁

20 ... 電子制御ユニット (ECU)

21 ... アクセル開度センサ

25 ... クランク角センサ

29 a ~ 29 d ... 筒内圧センサ

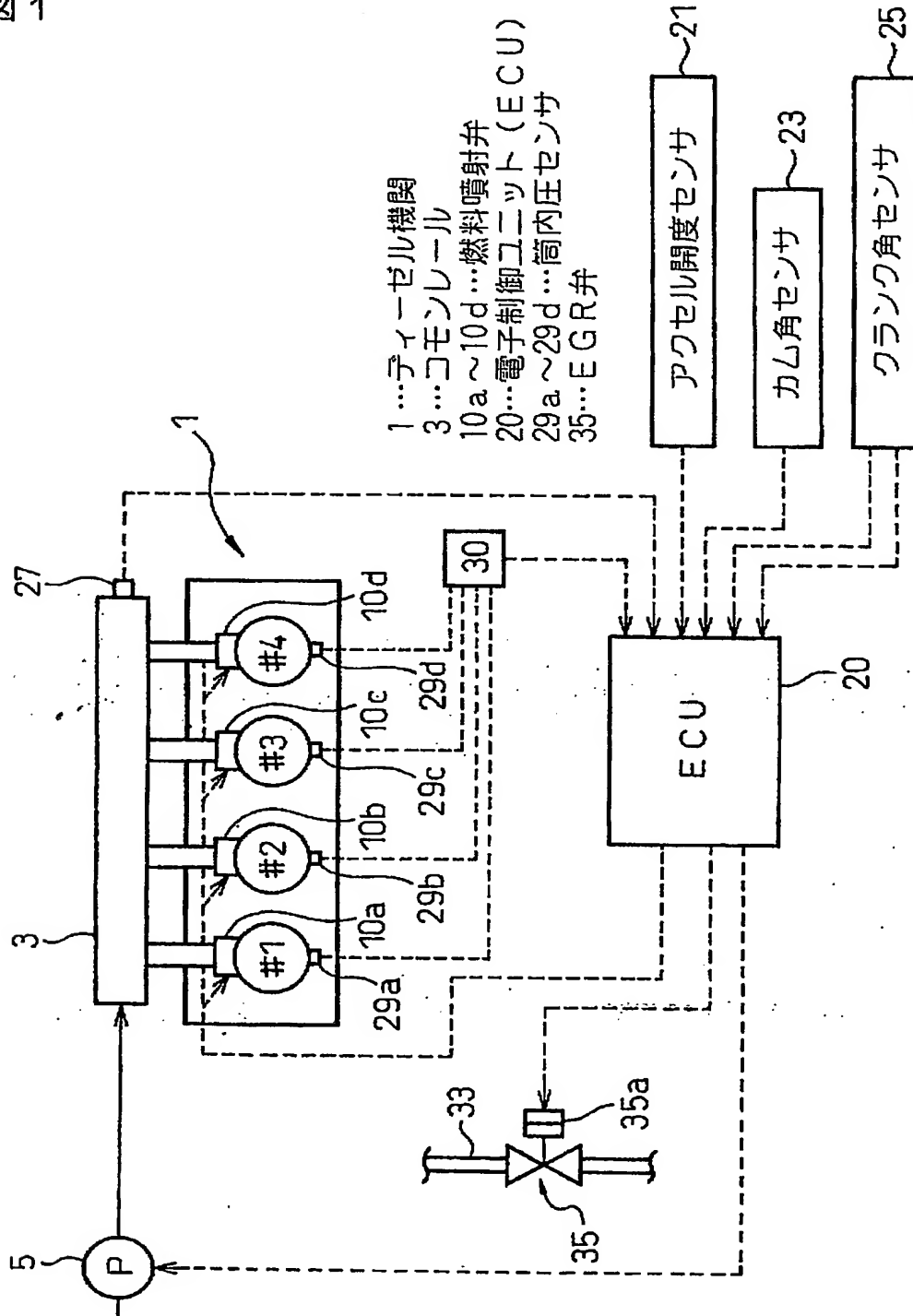
35 ... EGR 弁

【書類名】

図面

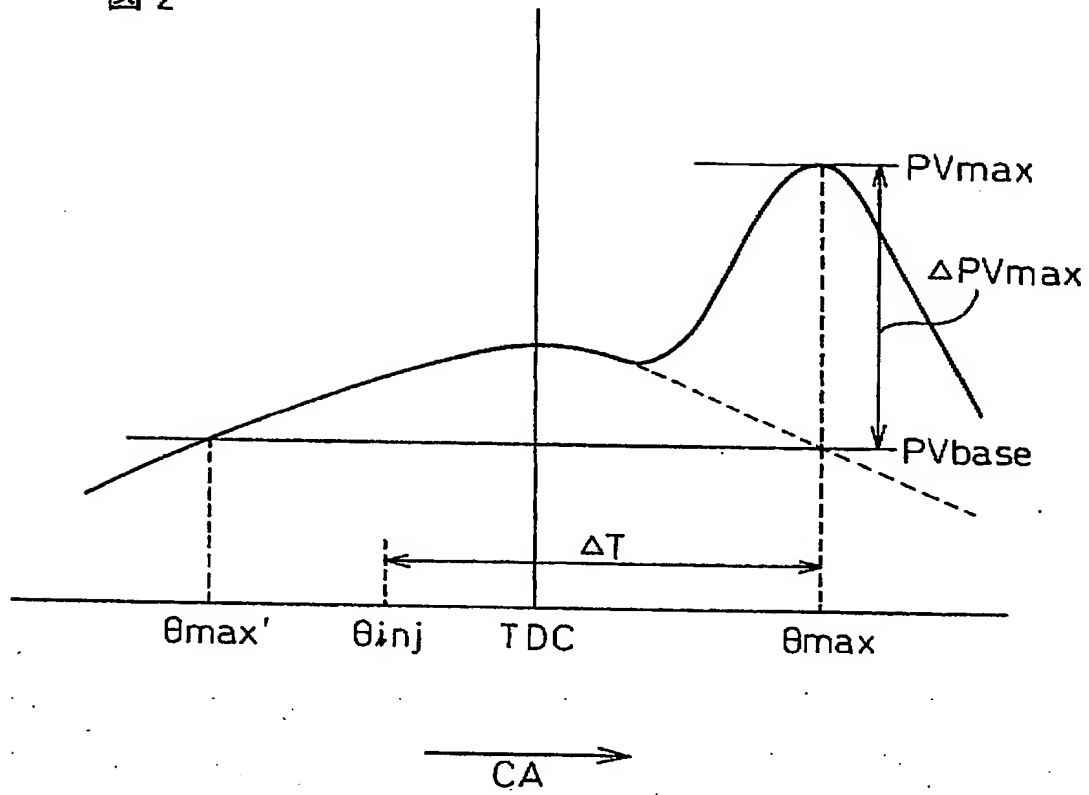
【図 1】

図 1



【図2】

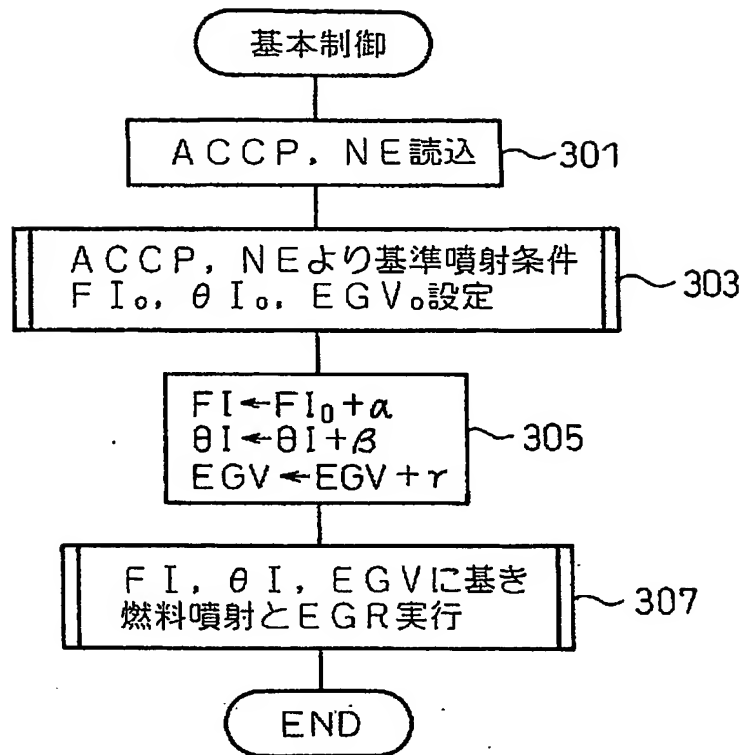
図2





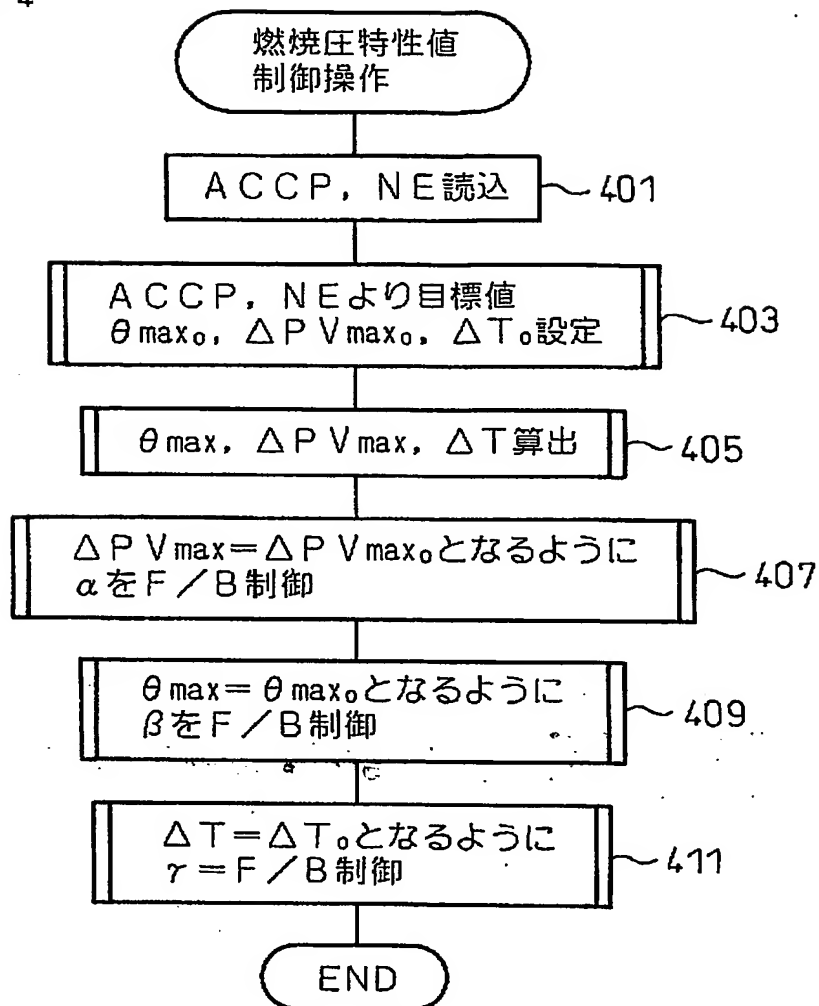
【図3】

図 3



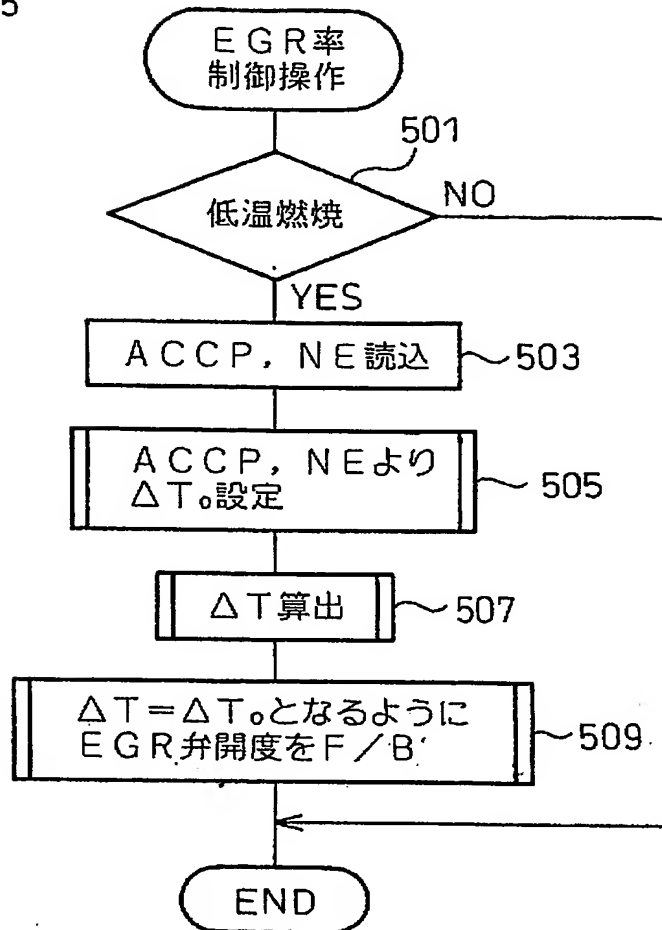
【図 4】

図 4



【図5】

図 5



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ディーゼル機関の燃焼状態を最適に制御する。

【解決手段】 ディーゼル機関 1 の各気筒に燃焼室内圧力を検出する筒内圧センサ 29a～29d を設ける。機関の電子制御ユニット (ECU) 20 は、筒内圧センサ出力に基づいて、筒内圧力と実筒内容積との積  $PV$  が最大値になるクランク角  $\theta_{max}$  を算出し、燃料噴射開始から  $\theta_{max}$  までの期間  $\Delta T$  を算出するとともに、算出した  $\Delta T$  が現在のアクセル開度と機関回転数とに基づいて定められる目標値になるように、機関への EGR ガス供給量を調節する EGR 弁 35 の開度をフィードバック制御する。 $\Delta T$  は機関の電子制御ユニット 20 の演算負荷を増大することなく演算可能であるため、これにより演算負荷の増大を招くことなく正確に EGR ガス量 (EGR 率) を最適な値に制御することが可能となる。

【選択図】 図 1

特願 2002-378018

出願人履歴情報

識別番号

[000003207]

1. 変更年月日

1990年 8月27日

[変更理由]

新規登録

住 所

愛知県豊田市トヨタ町1番地

氏 名

トヨタ自動車株式会社

特願 2002-378018

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000003609]

1. 変更年月日

1990年 9月 6日

[変更理由]

新規登録

住 所

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1

氏 名

株式会社豊田中央研究所